关于降低露天采场爆破大块率的实践探讨*

李永华,张　帅,付永魁

(包钢(集团)公司白云鄂博铁矿 内蒙古 包头　014080)

摘　要: 台阶深孔爆破是露天矿山开采的主要手段,爆破质量的好坏直接影响后续采装工艺以及整个生产工艺能否顺利完成,对产量的完成以及资本的消耗都有至关重要的作用。本文结合白云铁矿东采场的生产实际情况,探讨降低爆破大块的方法,为公司降本增效献计献策。

关键词: 爆破; 大块; 露天

中图分类号: TD854　　**文献标识码:** B　　**文章编号:** 1009-5438(2017) SO-0018-05

DOI:10.13647/j.cnki.btgkj.2017.s1.005

Practical Discussions on Reducing Big Rock Rate of Blasting in Open Pit

LI Yong-hua, ZHANG Shuai, FU Yong-kui

(*Baiyunebo Iron Mine of Baotou Steel (Group) Corp.*, *Baotou* 014080, *Nei Monggol*, *China*)

Abstract: The bench deep-hole blasting is the main measure for open-pit mining. The blasting quality directly influences whether the subsequent mining, loading and the whole production technologies could be smooth, which is vital for completing the production and capital consumption. In the paper, the methods for reducing big rocks of blasting are discussed combining with the actual situations of productions in the East Stope of Baiyunebo Iron Mine to contribute ideas and exert efforts for reducing costs and increasing benefits.

Key words: blasting; big rock; open-air

在国内外露天矿山的开采中,台阶深孔爆破是开挖岩体使用最广泛的方法,爆破的各种参数是否合理是影响开挖工程综合技术经济指标和大块率最为重要的因素,在坚硬及节理裂隙发育的矿岩中,当某些爆破参数不合理,极可能造成过高的大块率,大块率过高不仅增加了二次爆破的次数,还降低了采装运输效率,增加了作业成本[1]。白云铁矿东采场已进入封闭圈以下 246 m,进入深深部开采,可作业空间小,爆区大块数量相对较多,平均每万 t 矿岩就会出现 16 到 18 个大块。同时为节约运输成本,胶带运输逐步成为矿山主要的运输系统,因此受采场内入破的制约,采装对矿岩要求更为苛刻,为畅通生产工艺,更有必要对爆破操作环节进行进一步改善,旨在降低大块率。

1　产生大块原因分析

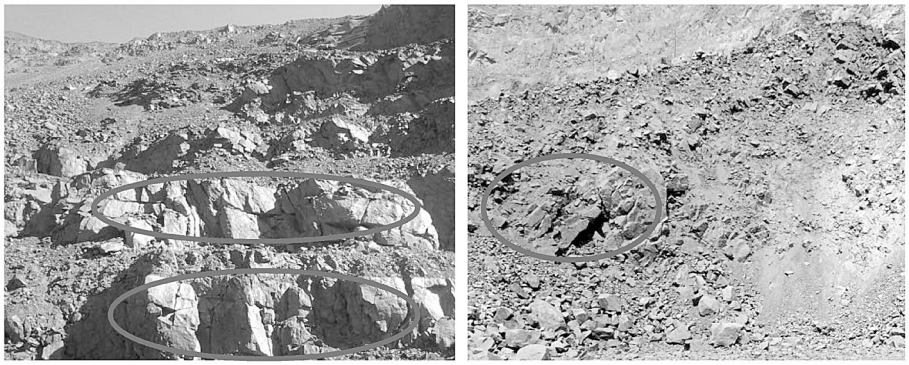
从采场采集信息得出,前排孔抵抗线部位及孔口填塞部位的矿岩比较容易产生大块,因为它受到上一爆区的爆破震动影响,使自然裂隙扩张,产生新的裂隙,形成预裂大块。如果底盘抵抗线过大或者填塞不当易产生大块,爆破能很容易沿裂隙释放,岩体在起爆后受压缩应力波和反射拉伸波作用,瞬间使第一排岩体剥离破裂,由于岩石抗拉强度低,裂隙处更低,所以在应力波和反射拉伸波的作用下很快

* **收稿日期:** 2017-06-05

作者简介: 李永华(1991-),男,内蒙古呼和浩特市人,助理工程师,现从事采场生产技术管理工作。

中国知网　https://www.cnki.net

沿原始结构面破裂，后续气体膨胀能没有足够的压缩破碎岩体时间，气体膨胀能主要贡献于前排破碎岩块的抛掷[2]。从图1可以看见爆堆前缘被抛出的预裂大块。



(a) 采掘断面预裂块　　(b) 抛掷出来的预裂块

图1　前排欲裂大块

本次主要从爆破设计、布孔、穿孔、装药施工、铲装程度等生产工艺流程进行改进。

原爆破设计根据开采条件设计爆破参数为：

$$L_s = (17 \sim 25)\,d \tag{1}$$

$$W_1 = (1 \sim 1.5)\,L_s \tag{2}$$

$$a = m \times W_1 \tag{3}$$

$$b = a \times \sin 60 \tag{4}$$

式中：L_s——填塞长度，m；

W_1——底盘抵抗线，m；

d——钻孔直径，310mm；

m——密集系数；

a——孔距，m；

b——排距，m。

得出填塞长度为5.8 ~ 7.8 m，底盘抵抗线5.27 ~11.6 m，孔距根据密集系数m(三角形布孔标准取1.15)得6.0 ~ 13.3 m，排距为5.2 ~ 11.5 m。

根据岩性特征及近60年的开采实践，爆破参数如表1所示。

表1　矿岩爆破参数　　m

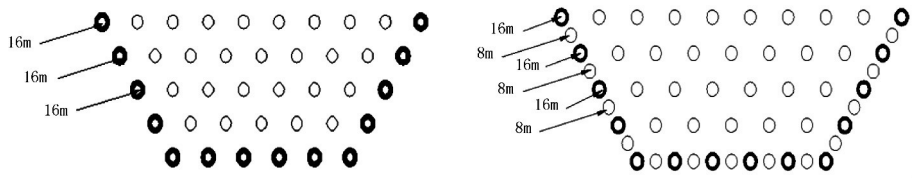
分类	孔距	排距	填塞	超深
岩石	9	7	7	2.5
矿石	9	6.5	7	2.5

2　改进方法和步骤

2.1　布孔穿孔

2.1.1　后排孔加短孔

原设计爆区都是正常孔(16 m)，包括矩形布孔和三角形布孔。为克服炮孔上部易产生大块的问题，同时保护后一爆区断面，从根源上减少预裂块，现改设计在后排孔间加钻短孔，白云鄂博铁矿台阶高度14 m，超深设计2 m，设计短孔深度8 m，在两个深孔中间加8 m短孔，孔距为4 m。效果如图2所示。



(a) 原设计后排孔　　(b) 设计后排加短孔

图2　后排孔对比图

2.1.2　布孔穿孔—大孔距小排距

原布孔的孔距排距根据矿岩性质等设计密集系数小于1.31，没有改变孔距和排距，属于普通爆破设计合理范围。现因受开采深度大、矿岩硬度系数增高、作业空间小、爆区小且不规则等因素制约，更容易产生较多的大块，原孔网参数因设计的排距大，爆炸能不易推动岩体产生位移，大部分能量将沿原生裂隙泄漏，造成冲炮，难以达到理想的要求[3]。

中国知网　https://www.cnki.net

大孔距小排距的爆破参数能够使爆破产生的反射拉伸力作用大大的增强，对岩石破碎程度与裂隙网络形成具有极其重要的作用，当排距足够小时，反射拉力波达到最大值，此时，反射拉力波作用于岩石破碎与裂隙网络形成中的效果就越明显。此外，大孔距小排距的爆破方式能够使得爆破产生的爆炸气体的推力作用大大增强，爆炸气体再向裂隙延伸的过程中抵抗力越小，气体膨胀能就越小，作用于岩石破碎的爆炸能就越大。同时，在深孔爆破中，炸药在炮孔中爆炸产生的爆炸能使局部岩石以炸药为中心，形成放射状裂隙，当处于大孔距小排距状态下时，爆炸产生的反射能量增强，有利于长裂隙的形成，并且较大的孔距也减小了应力释放的影响[2]，径向裂隙得到充分发展。

结合采场实际情况，调整孔网参数见表2。

表2 孔网参数调整

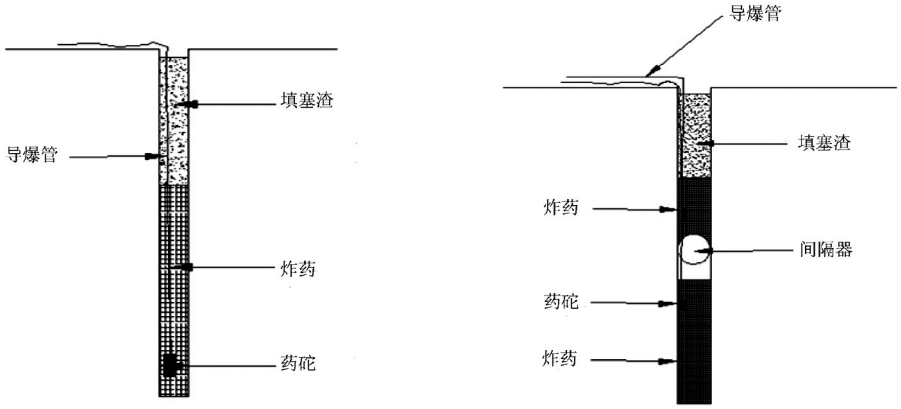
分类	状态	孔距 a /m	排距 b /m	填塞 Lc /m	超深 h /m	密集系数
岩石	调整前	8.0	7.0	7	2	1.15
	调整后	8.5	6.5	6	2	1.31
矿石	调整前	8.0	6.5	7	2	1.23
	调整后	8.5	6.0	6	2	1.42

2.2 采用耦合间隔装药结构

在露天开采中，选择合理的装药方式可以使用较少的炸药达到较好的爆破效果和目的，从而提高经济效益以及减小爆破震动。白云鄂博东采场原设计采用连续柱状装药结构，先将炸药全部装入孔内，然后填塞。炸药过于集中于炮孔底部，上部大块率较高；将连续装药改为分段装药后，底部先装入约2/3的炸药，打间隔器，然后装剩下的1/3炸药，最后填塞（如图3所示）。两段分别起爆。间隔装药改变了炮孔与与药柱的接触关系，从而降低压缩应力波和爆轰气体作用于孔壁的初始应力，使这种压力的作用时间增长，从而不至于出现压碎区，使炮孔在装药量少的情况下因为炸药能量利用率的提高而保证爆破质量。同时，间隔装药不仅可以在保证填塞质量的同时减少填塞高度，减少上部大块，还降低了炸药的单耗，节约了炸药成本。

2.3 压渣爆破

在原设计生产流程中，电铲的采装都是不留结存的，将所有的矿岩都铲装完毕才会进行下一爆区的爆破施工。而这样的铲装程度和爆破方式会使得爆炸产生的气体过早的从岩石裂隙中泄漏出去，导致能量的流失，剩余的能量只能将预裂大块抛掷出去而不能起到破碎的作用。为了从过程中消灭预裂块，设计采用压渣爆破的方式，就是在爆区前预留一定高度一定厚度的爆堆，爆堆能够阻止爆破产生的气体过早的从岩石裂隙中泄漏出去，增加矿岩相互碰撞的几率，提高了爆破的能量利用率。压渣爆破主要分为三个阶段（见图4所示）：



（a）原装药结构示意图 （b）间隔装药示意图

图3 间隔装药对比图

第一阶段：压应力波以3 000～6 000 m/s的传播速度传向围岩，导致岩体发生压缩性破坏，当岩体的抗压强度小于爆破的产生的径向应力的时候，岩石就会破坏；应力波传回自由岩壁时，传回的拉伸应力波会作用于岩石，当岩石的抗拉强度小于爆破产生的拉应力的时候，岩石就会形成致密的裂隙。

第二阶段：爆破后形成的爆轰气体会侵入岩石裂隙，形成气楔作用，将拉伸产生的裂隙延伸并且扩

中国知网 https://www.cnki.net

大，然后对岩石进行破碎。这也是破碎过程中比较重要的阶段。

第三阶段：标准抛掷爆破是剩余的能量将矿岩抛掷出去，形成理想爆堆，而压渣爆破将剩余的能量的一部分作用于矿岩的挤压碰撞，进而破碎矿岩，剩余部分能量将矿岩抛掷出去，形成理想爆堆。此时的抛掷系数 n 处于 0.75～1.00。

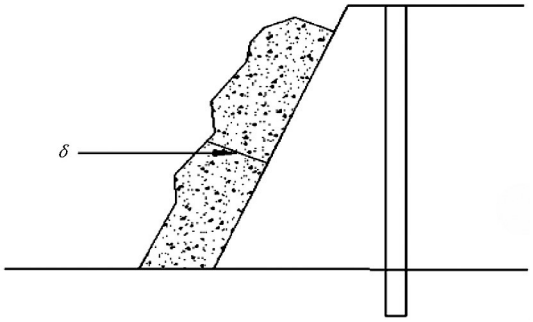


图 4　压渣示意图

压渣厚度根据如下公式计算：

$$\delta = \frac{1.62 \times D \times 1\,000}{B \times \gamma} - \frac{W_d}{1.75} \qquad (5)$$

式中：δ—— 压渣厚度，m；

D—— 穿孔直径，m；

B—— 合理前冲距离，取 18 m；

γ—— 矿岩岩石容重，板岩 2.72 t/m^3，白云岩 3.18 t/m^3，磁铁矿 3.8 t/m^3，氧化矿 3.65 t/m^3；

W_d—— 底盘抵抗线。

计算结果见表 3。

由于东采场空间狭小，所以具体的压渣参数在此基础上根据现场的实际生产情况进行略微的变动。

表 3　不同岩性压渣厚度表　　m

板岩	白云岩	氧化矿	磁铁矿
5.1	3.6	2.5	2.2

2.4　科学的管理方式

为提高生产效率，白云铁矿采矿作业部进行精益管理改善，成立专门的精益管理小组，通过与公司的优秀管理干部和现场的操作员工长期的沟通与总结，利用系统化、科学化的管理思想，针对车间不同工段的工作任务量身打造该工段的标准化作业规则。技术组采场爆破管理也不例外，包括爆破设计、爆破作业管制、布孔、量孔、装药模式、填塞、起爆网络等一系列与爆破息息相关的工作，都要严格的按照标准化要求作业。力求做到精益求精，每一次爆破都力求做到无大块无根底的优质爆区。

3　改进成果

结合白云铁矿东采场延深大、岩石硬度系数高、空间狭小以及经常出现大块等实际情况，设计实施了一套降低大块的综合方案并改进了施工管理办法，经多次试验统计，东采场的爆破质量有了明显的提高，爆堆均匀、塌落明显、块度均匀，大块率减少 25% 左右，减少了二次爆破和破碎锤破碎的工序和成本。有利于电铲的铲装，极大地提高了采场的生产效率。爆破效果如图 5 所示，爆破大块如图 6 所示。



(a) 改善前爆破效果　　(b) 改善后爆破效果

图 5　爆破效果图

中国知网　https://www.cnki.net



(a) 改善前块度　　(b) 改善后块度

图 6　爆破效果图

(1) 直接经济效益: 按每个大块二爆费用计算: 14×3.9 + 1×22 + 1×10 = 87 元,(一个大块用炸药 14kg,炸药单价 3.9 元/kg; 一个导爆管 10 元; 一个药砣 22 元) 改善后每万 t 减少大块 4 个,按 700 万 t 每年的爆量计算,一年直接减少经济损失 243 600 元。

(2) 间接效益: 大块的减少极大的改善了电铲装车效率,减少了电动轮的待铲时间,同时在很大程度上减小了对破碎设备和其他生产设备的磨损和消耗,比如牙尖等,这也是一大笔经济效益(未核算)。矿山在满足入破要求的同时也可以适应矿山向以胶带运输为主的运输方式的转变,为完成铁矿分配的生产任务提供了强有力的保障。

4　结束语

国际矿业形式严峻,矿石需求减少,加之白云鄂博东露天采场延深大空间小,如果爆破质量不高,破碎锤不能够及时处理完大块,出现较多的大块会直接影响正常的生产组织,不能按时完成月生产计划,甚至无法达到年生产计划的要求,所以要从根本上解决大块问题就要不断发现并试验新的爆破方式,意在从根本上减少大块的产生。通过多个爆区的试验验证,本操作法行之有效,有效的减少了大块的产生,适应了矿山发展的新形式,可以慢慢的推广至主矿区甚至其他矿山。同时还要不遗余力的继续寻找新方法应用于露天开采,比如相邻炮孔反向起爆等爆破方式。为包钢公司降本增效贡献力量,献计献策。一起度过企业寒冬迎接矿山辉煌的明天。

参　考　文　献

[1] 陈寿如,邢东升.坚硬矿岩台阶深孔爆破降低大块率的综合措施[J].有色金属,2002,(2):34-36.

[2] 杨凡.降低露天台阶爆破大块率的方法研究[J].科技与企业,2015,(4):146-147.

[3] 郑华森.降低露天采矿台阶爆破大块率的几种方法[J].新疆有色金属,2010,(S2):46-47.

启　事

本刊已加入“万方数据库”、“中国知网”、“维普数据库”等。凡向本刊投递的稿件一经采用,即视为作者同意将作品的网络传播权及电子版使用权授予本刊,本刊一次性给付的稿酬已包含上述授权的费用。若不同意上述内容者,请在投递的稿件上予以特别声明,以便本刊酌情处理。

本刊编辑部

中国知网 https://www.cnki.net